

(19) Japan Patent Office (JP)

(12) Patent Laid-open Official Gazette (A)

(11) Patent Application Publication Number: 2002-217125 (P2002-217125A)

(43) Date of Publication: August 2, 2002

(51) Int.Cl.⁷ Identification Symbol FI Theme Code (reference)

H01L 21/268 H01L 21/268 G 4M104

E 5F052

21/20

21/20

21/28

301

21/28 301S

Request for Examination: Made

The Number of Claims: 8 OL (8 pages in total)

(21) Patent Application Number: 2001-14005 (P2001-14005)

(22) Date of Filing: January 23, 2001

(71) Applicant: 000002107

Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

5-9-11 Kitashinagawa, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan

(72) Inventor: Toshio KUDO

c/o Sumitomo Heavy Industries, Ltd. Hiratsuka Works

63-30 Yuhigaoka, Hiratsuka-shi, Kanagawa

(74) Agent: Patent attorney: 100089015

Takehiro MAKINO (three others)

F Terms (reference) 4M104 AA01 BB05 BB21 CC01 DD78

DD81 DD84 HH20

5F052 AA02 BA02 BA07 BA11 BA13

BA15 BB01 BB02 BB06 BB07

CA00 CA05 DA01 FA04

(54) [Title of the Invention] SURFACE PROCESSING APPARATUS AND SURFACE PROCESSING METHOD

(57) [Abstract]

[Object] To provide a surface processing apparatus and a surface processing method which can conduct a process, which is comparatively even, on a substrate with a large area with simple processing steps, without heavy damage on the substrate.

[Means for Solution] A pulsed laser light LB1 from a beam shaping optical system 34 is moved from one side to the other side on the surface side of an object WO to be processed, as a linear beam form which extends in Y direction, so that step scanning of the entire surface of the object WO to be processed is conducted. Similarly, since a pulsed laser light LB2 from a beam shaping optical system 44 is also moved on the back surface side of the object WO to be processed, as a linear beam form, step scanning of the entire back surface of the object WO to be processed is conducted. Before major heating by a first laser light LB1, a metal film FL with a high melting point can be heated from the back surface thereof in advance by a second laser light LB2. Therefore, even if the energy of the first laser light LB1 is not so high, a predetermined region of the metal film FL with a high melting point can be adequately melted.

[Scope of Claims]

[Claim 1] A surface processing apparatus comprising:

a first laser supply means which supplies laser light on a film surface of a film

formed on a substrate in order to heat the film;

a second laser supply means which supplies laser light on a back surface of the substrate in order to supplementarily heat the film in heating by the first laser supply means; and

a scanning means which moves the substrate relatively to the laser light from the first laser supply means and the second laser supply means,

wherein the laser light supplied from the first laser supply means is set to have a wavelength which is absorbed in the film, and

wherein the laser light supplied from the second laser supply means is set to have a wavelength which penetrates through the substrate.

[Claim 2] The surface processing apparatus according to claim 1, wherein the laser light from the second laser supply means enters on a second region, which includes a first region corresponding to a range where the laser light from the first laser supply means enters, of the substrate from a back surface side.

[Claim 3] The surface processing apparatus according to any one of claims 1 and 2, wherein the first and second laser supply means each includes a beam shaping device which projects a beam of the laser light on the substrate, and wherein the scanning means includes a moving stage for moving the substrate.

[Claim 4] The surface processing apparatus according to any one of claims 1 to 3, further comprising a timing controlling means which controls a timing of operating the first laser supply means and a timing of operating the second laser supply means.

[Claim 5] A surface processing method comprising the steps of:

supplying first laser light on a film surface of a film formed on a substrate to heat the film;

supplying second laser light on a back surface side of the substrate in the heating of the film to supplementarily heat the film; and

moving the substrate relatively to the first and second laser light,

wherein the first laser light is set to have a wavelength which is absorbed in the film, and

wherein the second laser light is set to have a wavelength which penetrates through the substrate.

[Claim 6] The surface processing method according to claim 5, wherein the second laser light enters on a second region, which includes a first region corresponding to a range where the first laser light enters, of the substrate from the back surface side.

[Claim 7] The surface processing method according to any one of claims 5 and 6, wherein the first laser light and the second laser light are projected on the film surface through a beam shaping device, and the substrate is moved by a moving stage.

[Claim 8] The surface processing method according to any one of claims 5 to 7, wherein a timing of irradiation of the first laser light and a timing of irradiation of the second laser light are the same or have a predetermined time difference.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to which the Invention Pertains]

This invention relates to a surface processing apparatus and a surface processing method which perform a surface processing such as annealing on a substrate on which a film is formed, by using laser light.

[0002]

[Prior Art]

As a method for forming an ohmic contact, for example, a conventional method has been known in which metal with a high melting point, such as Ni, is formed over a semiconductor substrate such as silicon, and then the metal with a high melting point on a surface is dispersed and alloyed by performing lamp annealing while the substrate on which the metal with a high melting point is formed is heated to an appropriate temperature, so that the metal with a high melting point is processed into an ohmic contact.

[0003]

On the other hand, as a method for forming a semiconductor layer on an insulating substrate formed using glass or the like, a method has been known in which a semiconductor formation material such as amorphous Si or the like is formed on an insulating substrate in advance and the semiconductor formation material is crystallized by laser annealing using a laser beam such as an excimer laser to form a semiconductor layer formed using Si polycrystals or the like. In the case where a large crystal is desired to be grown by such laser annealing, an insulating substrate is entirely heated in consideration that adequate beam power cannot be obtained from the excimer laser or the like.

[0004]

[Problem to be Solved by the Invention]

However, in the former lamp annealing, processing steps are complicated because a step in which NiSi is formed at a first stage and NiSi₂ is formed at a second stage is employed. In addition, in the lamp annealing, since a whole substrate is heated to considerably high temperature, thermal damage on the substrate is inevitable. Moreover, it is difficult for lamp annealing to evenly conduct thermal processing on a substrate with a large area. Further, since the lamp annealing cannot adequately control the depth of an ohmic contact, it is difficult to form the ohmic contact only in a shallow region on a surface.

[0005]

Further, in the latter laser annealing, since the insulating substrate is entirely heated, the semiconductor formation material such as amorphous Si cannot be locally heated or cooled, which means accurate control and management in a thermal processing step are difficult. In addition, since the insulating substrate needs to be kept at accurately high temperature in a vacuum, a stage is large and throughput is decreased. Further, since the insulating substrate needs to be heated, a low temperature process is intrinsically impossible.

[0006]

Then, in this invention, an object is to provide a surface processing apparatus and a surface processing method including simple processing steps by which only a region close to the surface of a large substrate can be processed with small thermal damage on the substrate in a controlled thermal step.

[0007] (claim 1)

[Means for Solving the Problem]

In order to solve the above-described problems, a surface processing apparatus of this invention includes a first laser supply means which supplies laser light on a film surface of a film, which is formed on a substrate, in order to heat the film, a second laser supply means which supplies laser light on the back surface of the substrate in order to supplementarily heat the film in heating by the first laser supply means, and a scanning means which moves the substrate relatively to the laser light from the first laser supply means and the second laser supply means. The laser light supplied from the first laser supply means is set to have a wavelength which is absorbed in the film, and the laser light supplied from the second laser supply means is set to have a wavelength which penetrates through the substrate.

[0008]

Since the laser light supplied from the second laser supply means supplementarily heats a film, the laser light is set to have a wavelength which is absorbed in the film at some level. That is, in general, the wavelength of the laser light supplied from the first laser supply means is shorter than that of the laser light supplied from the second laser supply means.

[0009]

In the above-described apparatus, since the back surface side of the substrate is supplied with laser light from the second laser supply means to supplementarily heat the film in heating by the first laser supply means, the laser light from the first laser supply means is set to have a wavelength which is absorbed in the film of the substrate, and the second laser supply means is set to have a wavelength which penetrates through the substrate, the film can be heated from the surface side by the first laser supply means

and the film can be heated from the back surface side by the second laser supply means. That is, the collaboration of the first and second laser supply means can perform thermal processing such as annealing by adequately heating only a region of the film where heating is desired so as not to damage the substrate. In other words, accurate and adequate temperature control in thermal processing such as annealing is possible and a low temperature process is intrinsically possible. In that case, since the film is heated mainly by laser light from the first laser supply means, a heating state in depth direction of the film can be accurately controlled. Further, since the scanning means moves the substrate relatively to the laser light from the first and second laser supply means, thermal processing can be evenly performed on an entire substrate with a comparatively large area.

[0010]

Note that, for example, in the case where a film formed using a metal material such as Ni is formed on a substrate formed using a semiconductor material such as Si, an ohmic contact layer formed of a compound (e.g., silicide) of the metal material layer and the semiconductor material can be formed under the film of the metal material layer. Then, a shallow junction can also be formed on a single crystal Si wafer on which ion doping is performed. In addition, in the case where a film formed using a semiconductor material such as amorphous Si is formed on a substrate which is formed using an insulating material such as glass, crystallization of the semiconductor material is promoted and a polycrystalline semiconductor layer or the like with favorable characteristics can be obtained.

[0011]

According to a specific embodiment of the above-described apparatus, the laser

light from the second laser supply means enters on a second region, which includes a first region corresponding to a range where the laser light from the first laser supply means enters, of the substrate from a back surface side. In that case, efficient thermal processing is possible. Here, the range of the second region is preferably set in consideration of variations of the first region, that is, changes in a position where the laser light from the first laser supply means enters on the substrate. Accordingly, efficient and stable thermal processing which is in consideration of variations in the first laser supply means can be possible.

[0012] (claim 3)

According to another specific embodiment of the above-described apparatus, the first and second laser supply means each includes a beam shaping device which projects a beam of the laser light on the substrate, and the scanning means includes a moving stage for moving the substrate. In that case, desired thermal processing on the entire film on the substrate can be possible with scanning by a linear beam or a rectangular beam shaped by the beam shaping device.

[0013] (claim 4)

According to another specific embodiment of the above-described apparatus, a timing controlling means for controlling a timing of operating the first laser supply means and a timing of operating the second laser supply means are included. By matching operation timings of the first and second laser supply means with the timing control means, for example, the peak value of power supplied for thermal processing of the film or the like can be maximized. In addition, by making operation timings of the first and second laser supply means have a predetermined time difference (that is, a predetermined delay time in a pair of laser light emitted from both of the laser supply

means), power to be supplied for thermal processing of the film or the like can be controlled with time at some level, so that thermal history of the film or the like can be adjusted.

[0014] (claim 5)

Further, a surface processing method of this invention includes the steps of supplying first laser light on a film surface of a film formed on a substrate to heat the film, supplying second laser light on the back surface side of the substrate in the heating of the film to supplementarily heat the film, and moving the substrate relatively to the first and second laser light. The first laser light is set to have a wavelength which is absorbed in the film, and the second laser light is set to have a wavelength which penetrates through the substrate.

[0015]

In the above-described method, since the back surface side of the substrate is supplied with the second laser light for supplemental heating of the film in heating by the first laser light, the first laser light is set to have a wavelength which is absorbed in the film of the substrate, and the second laser light is set to have a wavelength which penetrates through the substrate, the collaboration of the first and second laser light can perform thermal processing such as annealing by adequately heating only a region of the film where desired so as not to damage the substrate. At that time, since the substrate is heated mainly by first laser light with a short wavelength, for example, a heating state in depth direction of the film can be accurately controlled. Further, since the substrate is moved relatively to the first laser light the second laser light, thermal processing can be evenly performed on an entire substrate with a comparatively large area.

[0016] (0011)前半

According to a specific embodiment of the above-described method, the second laser light enters on a second region, which includes a first region corresponding to a range where the first laser light enters, of the substrate from a back surface side. In that case, efficient thermal processing is possible.

[0017] (0012)後半

According to another specific embodiment of the above-described method, the first and second laser lights are projected on the film surface through the beam shaping device and the substrate is moved by the moving stage. In that case, desired thermal processing on the entire film on the substrate can be possible with scanning by a linear beam or a rectangular beam shaped by the beam shaping device.

[0018] (0013)

According to another specific embodiment of the above-described method, timings of irradiation of the first laser light and the second laser light are made to be the same or to have a predetermined time difference. In that case, for example, by making timings of irradiation of the first laser light and the second laser light the same, the peak value of power supplied for thermal processing of the film or the like can be maximized. In addition, by making timings of irradiation of the first laser light and the second laser light have a predetermined time difference, power to be supplied for thermal processing of the film or the like can be controlled with time at some level, so that thermal history of the film or the like can be adjusted.

[0019]

[Embodiments of the Invention]

[Embodiment 1]

A surface processing apparatus of Embodiment 1 in this invention will be described below with reference to drawings.

[0020]

FIG. 1 illustrates the structure of the surface processing apparatus of Embodiment 1. This surface processing apparatus is used for performing thermal processing by laser annealing on an object WO to be processed immediately after a metal thin film is formed on a surface of a semiconductor wafer included in a substrate. This apparatus includes a moving stage 20 which puts the object WO to be processed on itself and moves in a processing chamber 10; a first laser light source 30 of excimer laser or the like, which generates first laser light LB1 for heating the object WO to be processed from the metal thin film side; a second laser light source 40 of a carbonic acid gas laser or the like, which generates second laser light LB2 for heating the object WO to be processed from the back surface side; a stage driving device 50 which moves the moving stage 20 on which the object WO to be processed is put as appropriate relatively to both of the laser light LB1 and the laser light LB2; and a control device 70 which controls overall the operation of the surface processing apparatus.

[0021]

Here, the moving stage 20 is included in a scanning means together with the stage driving device 50. The operation of the moving stage 20 is controlled by the control device 70 through the stage driving device 50. The moving speed, the moving range, the moving timing, and the like of the moving stage 20 can be adjusted as appropriate.

[0022]

First, the pulsed first laser light LB1 emitted from the first laser light source 30

enters on a light amount adjustment portion 31. The laser light LB1 attenuated as appropriate after passing the light amount adjustment portion 31 enters on a beam shaping optical system 34 through a mirror 32 and a focus adjustment lens 33. The beam shaping optical system 34 serving as a homogenizer converts the laser light LB1 with a rectangular cross section into a linear beam. That is, the laser light LB1 which has passed through the beam shaping optical system 34 is projected as a linear beam, which extends in Y axis direction on the surface of the object WO to be processed, through a window 10a formed in the top portion of the processing chamber 10. Here, the size or the like of the first laser light LB1 can be kept at a fixed value during scanning and can be fine adjusted as necessary by driving the focus adjustment lens 33 with the control device 70. Further, the pulse width or a timing of generation of the first laser light LB1 is controlled by the control device 70 through the first laser light source 30. Note that a first laser supply means is constituted by the first laser light source 30, the light amount adjustment portion 31, the beam shaping optical system 34, and the like.

[0023]

First, the pulsed second laser light LB2 emitted from the second laser light source 40 enters on a light amount adjustment portion 41. The laser light LB2 attenuated as appropriate after passing the light amount adjustment portion 41 enters on a beam shaping optical system 44. The beam shaping optical system 44 serving as a homogenizer converts the laser light LB2 with a rectangular cross section into a linear beam. That is, the laser light LB2, which has passed through the beam shaping optical system 44, passes through a window 10b formed in a side surface of the processing chamber 10, is reflected by a mirror 45, passes through a through hole 51 provided in

the stage driving device 50, and is projected as a liner beam, which extends in Y axis direction, on a region corresponding to a region on which the first laser light LB1 enters on the back surface of the object WO to be processed. Here, the pulse width or a timing of generation of the second laser light LB2 is controlled by the control device 70 through the second laser light source 40. Note that a second laser supply means is constituted by the second laser light source 40, the light amount adjustment portion 41, the beam shaping optical system 44, and the like.

[0024]

The processing chamber 10 is an airtight case and vacuum is kept at an appropriate degree by an exhaust system 81. In addition, the inside of the processing chamber 10 is adjusted to an appropriate atmosphere (e.g., Ar or N₂) by a gas supply source 82. A load lock chamber 12 which carries the object WO to be processed out and in without breaking vacuum is formed on the front surface side of the processing chamber 10. A vacuum gate 13 is formed between the processing chamber 10 and the load lock chamber 12.

[0025]

The control device 70 transmits a control signal to the stage driving device 50 and controls the moving speed, the moving range, and a timing of movement, and the like of the moving stage 20. In addition, as a timing control means, the control device 70 transmits a trigger signal to the first laser light source 30 and the second laser light source 40 and controls a timing of emitting the first laser light LB1 and the second laser light LB2 which are emitted from the first laser light source 30 and the second laser light source 40, respectively, between the movements of the moving stage 20. For example, the timing of emitting the first laser light LB1 and the timing of emitting the

second laser light LB2 can be precisely matched. In addition, the second laser light LB2 can be emitted with a delay of desired time from the timing of emitting the first laser light LB1. Conversely, the delay of the first laser light LB1 can also be possible.

[0026]

FIG. 2 illustrates the structure and the like of the moving stage 20. FIG. 2a is a plan view and FIG. 2b is a lateral cross-sectional view. A circular opening 20a whose diameter is slightly smaller than that of the object WO to be processed is formed in the moving stage 20. A step portion 20b whose outer side almost corresponds to the diameter of the object WO to be processed is formed on the edge portion of the circular opening 20a. The edge portion surrounding the object WO to be processed is supported by the step portion 20b and is moved together with the moving stage 20. Note that the edge portion of the object WO to be processed can be fixed from the side or the top by an appropriate pushing means (not shown).

[0027]

A metal thin film is formed on a top surface US of the object WO to be processed and the first laser light LB1 in a linear form, which is longer in Y direction (longer direction) than the diameter of the object WO to be processed, enters on the top surface US. In addition, the second laser light LB2 in a linear form which is longer in Y direction like the first laser light LB1 and wider than the first laser light LB1 enters on a bottom surface LS of the object WO to be processed through the circular opening 20a. By moving the object WO to be processed together with the moving stage 20, both of the laser light LB1 and LB2 scan the object WO to be processed in X direction relatively to the object WO to be processed, and thermal processing of so-called step scanning is performed from both of the surface side and the back side.

[0028]

FIG. 3 is an enlarged view for conceptually illustrating an entering state of the first laser light LB1 and the second laser light LB2. The first laser light LB1 which enters from the top side of the object WO to be processed heats a predetermined region PA in a metal film FL with a high melting point, such as Ni, formed on a substrate BL which is formed using Si or the like. This predetermined region PA corresponds to a first region AR1 in the substrate BL.

[0029]

The second laser light LB2 enters on the substrate BL from the back surface side of the object WO to be processed, penetrates through the substrate BL, and heats a region CA in the metal film FL with a high melting point. This region CA corresponds to a second region AR2 in the substrate BL. The second region AR2 includes the above-mentioned first region AR1. At that time, the second region AR2 has a margin in consideration of variations in a light axis in the first region AR1. That is, since the first region AR1 which corresponds to a position where the first laser light LB1 enters varies at some level in accordance with the characteristics of the first laser light source 30 or the like, by making the second region AR2 have a width in consideration of the variations in the first laser light LB1, efficient and stable thermal processing corresponding to the characteristics of the first laser light LB1 is possible.

[0030]

In a specific example, the wavelength of the first laser light LB1 is set at 308 nm of an excimer laser which can comparatively easily heat Ni or 532 nm which is second harmonic of a YAG laser, for example, and the width of the first region AR1 is set at 0.4 mm. In addition, the wavelength of the second laser light LB2 is set at 10.64

μm of a carbonic acid gas laser, which is on a long wavelength side than the wavelength which efficiently penetrates Si, $1.55\ \mu\text{m}$ of an AlInAsP semiconductor laser, $1.06\ \mu\text{m}$ which is a fundamental wave of a YAG laser, or the like, and the width of the second region AR2 is set at several times the width of the first region AR1.

[0031]

The operation of the surface processing apparatus shown in FIG. 1 will be described below. First, the object WO to be processed is carried into the processing chamber 10 by using a vacuum robot for carrying (not shown). The object WO to be processed and to be carried in, which is in a state of the completion of cooling immediately after film deposition, is carried into the processing chamber 10 with its film surface facing the upper side through the load lock chamber 12, and put and fixed on the moving stage 20. Next, by operating the stage driving device 50, the moving stage 20 is moved in $-X$ direction with respect to the beam shaping optical system 34 or the like in steps. As a result of the movement of the moving stage 20 in steps, since the pulsed laser light LB1 from the beam shaping optical system 34 moves in steps as a liner beam form, which extends in Y direction, from one side to the other side on the surface side of the object WO to be processed, step scanning is performed on the entire surface of the object WO to be processed. Similarly, as a result of the movement of the moving stage 20 in steps, since the pulsed laser light LB2 from the beam shaping optical system 44 moves in steps as a liner beam form, which extends in Y direction, from one side to the other side on the back surface side of the object WO to be processed, step scanning is performed on the entire back surface of the object WO to be processed. Note that both of the laser light LB1 and LB2 enter on the object WO to be processed while the moving stage 20 is stopped between movements in steps.

[0032]

FIG. 4 is a graph which shows the relative intensity of the first laser light LB1 and the second laser light LB2. As is obvious from the graph, the power of the first laser light LB1 is considerably stronger than that of the second laser light LB2. This is because the second laser light LB2 is used for supplemental heating and the difference between the first laser light LB1 and the second laser light LB2 can be changed as appropriate in accordance with a required heating condition. In this manner, by relatively increasing the power of the first laser light LB1 and making the wavelength of the first laser light LB1 comparatively short so that it is absorbed only in the metal film FL with a high melting point, a heating state in depth direction of the metal film FL with a high melting point can be accurately controlled. That is, silicide with a large area can be easily formed in a desired depth by using short wavelength laser.

[0033]

Note that although the first laser light LB1 and the second laser light LB2 are generated at the same time in the example shown in the diagram, the first laser light LB1 and the second laser light LB2 can be generated with a little time difference. However, by generating the first laser light LB1 and the second laser light LB2 at the same time, the metal film FL with a high melting point can be heated from the surface side by the first laser light LB1 while the back surface side is additionally heated by the second laser light LB2. Accordingly, even when the energy of the first laser light LB1 is not so high and the thermal conductivity of the substrate BL is comparatively high, the predetermined region PA in the metal film FL with a high melting point can be adequately heated and melted. Therefore, by adequately dispersing metal with a high melting point from the metal film FL with a high melting point into the substrate BL

side, an ohmic contact formed using nickel silicide or the like can be formed in a desired depth.

[0034]

FIG. 5 illustrates scanning by the first laser light LB1. Predetermined regions PA1 to PA3 in the metal film FL with a high melting point, on which the repetitively-pulsed first laser light LB1 enters, are moved in X direction while the regions PA1 to PA3 overlap with each other at a predetermined percent. At the same time, regions CA1 to CA3 on which the repetitively-pulsed second laser light LB2 enters are moved in X direction while the regions CA1 to CA3 overlap with each other at a predetermined percent. Accordingly, more even laser annealing can be performed and characteristics of ohmic contact can be the same. Note that the percent of overlapping areas in the predetermined regions PA1 to PA3 can be changed as appropriate in accordance with a required heating condition.

[0035]

[Embodiment 2]

A thermal processing apparatus of Embodiment 2 in this invention will be described below. Although the structure of this thermal processing apparatus is approximately the same as that shown in FIG. 1, this thermal processing apparatus processes a glass substrate whose surface is provided with a base SiO₂ layer and an amorphous Si layer as an object WO to be processed. In that case, the amorphous Si layer on the glass substrate is melted by securing power for heating from the first laser light used for main heating and the second laser light used for supplementary heating. At that time, by making the timing of entering of the first laser light and the timing of entering of the second laser light different appropriately, a cooling rate in making the

melted amorphous Si layer polysilicon can be controlled to some extent.

[0036]

FIG. 6 is a plan view illustrating the structure of a moving stage 120 which is driven by the stage driving device 50. Since the object WO to be processed formed using a rectangular glass substrate is processed, a rectangular opening 120a is provided in the moving stage 120.

[0037]

In the case of FIG. 6a, the rectangular first laser light LB1 enters on the top surface of the amorphous Si layer which is the object WO to be processed. In addition, the second laser light LB2 whose horizontal and vertical size is larger than that of the first laser light LB1 at some level enters from the back surface of the object WO to be processed through the rectangular opening 120a. By moving the object WO to be processed in steps in an XY plane together with the moving stage 120, both of the laser lights LB1 and LB2 perform scanning relatively to the object WO to be processed in X direction and Y direction. Accordingly, the position of entering of the laser light LB1 and the like on the object WO to be processed can be moved in stages and a plurality of regions cut off and arranged in matrix can be made to be polysilicon.

[0038]

In the case of FIG. 6b, the first laser light LB1 which is projected as a long beam enters on the top surface of the amorphous Si layer which is the object WO to be processed. In addition, the second laser light LB2 which is also a long beam and large at some level enters from the back surface of the object WO to be processed through the rectangular opening 120a. By moving the object WO to be processed in steps together with the moving stage 120, both of the laser lights LB1 and LB2 perform scanning

relatively to the object WO to be processed in X direction. Accordingly, the position of entering of the laser light LB1 and the like on the object WO to be processed can be moved in stages and a plurality of regions cut off and arranged in stripes can be made to be polysilicon.

[0039]

In that case, the wavelength of the first laser light LB1 can be set at 308 nm of an excimer laser and the wavelength of the second laser light LB2 can be set at 532 nm which is second harmonic of a YAG laser, for example. Note that it is needless to say that the second laser light LB2 can be replaced with a CO₂ laser (wavelength: 10.64 μ m), the fundamental wave of a YAG laser (wavelength; 1.06 μ m), an He-Ne laser, or an Ar laser.

[0040]

FIG. 7 shows an example of changing a method for laser irradiation shown in FIGS. 6a and 6b. In the case of FIG. 7a, like in the FIG. 6a, the rectangular laser lights LB1 and LB2 in an appropriate size are moved in steps. In every step, the rectangular laser lights LB1 and LB2 are moved in steps by some percent of the beam width. Therefore, laser light irradiations on the object WO to be processed overlap with each other. In addition, in the case of FIG. 7b, like in the FIG. 6b, the linear laser lights LB1 and LB2 whose lengths are approximately the same as that of a side of the object WO to be processed are moved in steps. In every step, the linear laser lights LB1 and LB2 are moved in steps by some percent of the beam width. Therefore, laser light irradiations on the object WO to be processed overlap with each other.

[0041]

FIG. 8 is a graph showing relation between the first laser light LB1 and the

second laser light LB2 in making the amorphous Si layer polysilicon. As is obvious from the graph, although the power of the first laser light LB1 is stronger than that of the second laser light LB2 like in the case of Embodiment 1, the second laser light LB2 is generated in advance of generation of the first laser light LB1 by $\Delta t = t_2 - t_1$. Here, a delay time Δt can be set at will. For example, the delay time Δt can be a negative value. By adjusting the delay time Δt as appropriate, the gradient of an annealing curve in slowly cooling the Si melted by the main first laser light LB1 and the supplemental second laser light LB2 can be controlled at will to some extent.

[0042]

[Effect of the Invention]

As is obvious from the above description, the surface processing apparatus of this invention can adequately heat only a predetermined region in a film by the collaboration of the first and second laser supply means without damaging a substrate, so that thermal processing such as annealing can be performed. At that time, since a film is heated by laser light with short wavelength, for example, mainly from the first laser supply means, a heating condition in depth direction of the film can be accurately controlled. Further, since the scanning means moves the substrate relatively to the laser light from the first and second laser supply means, thermal processing can be evenly performed on the entire substrate with a comparatively large area.

[0043]

The surface processing method of this invention can adequately heat only a predetermined region in a film by the collaboration of the first and second laser lights without damaging a substrate, so that thermal processing such as annealing can be performed. At that time, since the film is heated mainly by the first laser light with

short wavelength, for example, a heating condition in depth direction of the film can be accurately controlled. Further, since the substrate is moved relatively to the first and second laser lights, thermal processing can be evenly performed on the entire substrate with a comparatively large area.

[Brief Description of the Drawings]

[FIG. 1] FIG. 1 is a diagram illustrating a general structure of a surface processing apparatus according to Embodiment 1.

[FIG. 2] FIG. 2a is a plan view illustrating a method for holding a substrate in the apparatus shown in FIG. 1, and FIG. 2b is a lateral cross-sectional view illustrating a method for holding a substrate in the apparatus shown in FIG. 1.

[FIG. 3] FIG. 3 is a diagram illustrating heating of a substrate from the top and the bottom.

[FIG. 4] FIG. 4 is a graph illustrating a timing of heating a substrate.

[FIG. 5] FIG. 5 is a diagram illustrating the move of a region to be heated on a substrate.

[FIG. 6] FIGS. 6a and 6b are plan views illustrating a main part of a surface processing apparatus according to Embodiment 2.

[FIG. 7] FIGS. 7a and 7b are diagrams each illustrating an example of change in a laser irradiation method.

[FIG. 8] FIG. 8 is a graph illustrating a timing of heating in Embodiment 2.

[Explanation of Reference]

- 10 processing chamber
- 10a, 10b window
- 20 moving stage
- 20a circular opening
- 20b step portion
- 30 first laser light source
- 40 second laser light source

50 stage driving device
70 control device
AR1 first region
AR2 second region
BL substrate
FL metal film with a high melting point
LB1 first laser light
LB2 second laser light
WO object to be processed

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | 特コード (参考) |
|---------------------------|-------|----------------|----------------------------|
| H 0 1 L 21/268 | | H 0 1 L 21/268 | G 4 M 1 0 4 E 5 F 0 5 2 |
| 21/20 | | 21/20 | |
| 21/28 | 3 0 1 | 21/28 | 3 0 1 S |

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

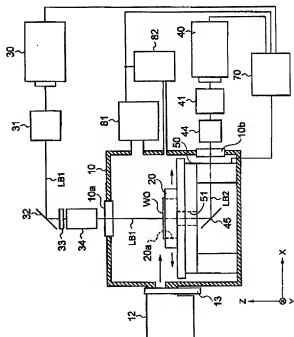
| | | | |
|-----------|----------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2001-14005 (P2001-14005) | (71) 出願人 | 000002107 住友重機械工業株式会社 東京都品川区北品川五丁目9番11号 |
| (22) 出願日 | 平成13年1月23日 (2001.1.23) | (72) 発明者 | 工藤 利雄 神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友重 機械工業株式会社平塚事業所内 |
| | | (74) 代理人 | 100089015 弁理士 牧野 剛博 (外3名) Fターム(参考) 4W104 AA01 BB05 BB21 CC01 DD78 DD81 DD84 HH20 5F052 AA02 BA02 BA07 BA11 BA13 BA15 BB01 BB02 BB06 BB07 CA00 CA05 DA01 FA04 |

(54) 【発明の名称】 表面処理装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 処理工程が簡単で基板に与えるダメージが少なく、大面積の基板を比較的均一に処理することができる表面処理装置及び方法を提供すること。

【解決手段】 ビーム整形光学系34からのパルス状のレーザー光L B1は、Y方向に延びる線状ビーム像として処理対象物WO表面側で一端から他端に移動するので、処理対象物WOの表面全体のステップ走査が行われる。ビーム整形光学系44からのパルス状のレーザー光L B2も、同様に線状ビーム像として処理対象物WO裏面側で移動するので、処理対象物WOの裏面全体のステップ走査が行われる。第1レーザー光L B1による本番の加熱の前に第2レーザー光L B2によって予め高融点金属膜FLを裏面から加熱できるので、第1レーザー光L B1のエネルギーがあまり高くない場合であっても、高融点金属膜FLの所定領域を十分に溶融させることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に形成された膜を加熱するために当該膜の膜面にレーザ光を供給する第1レーザ供給手段と、

前記第1レーザ供給手段による加熱に際して前記膜を補助的に加熱するために当該基板の裏面にレーザ光を供給する第2レーザ供給手段と、

前記第1及び第2レーザ供給手段からのレーザ光に対して前記基板を相対的に移動させる走査手段とを備える表面処理装置であって、

前記第1レーザ供給手段から供給されるレーザ光は、前記膜で吸収される波長に設定されており、前記第2レーザ供給手段から供給されるレーザ光は、前記基板を透過する波長に設定されていることを特徴とする表面処理装置。

【請求項2】 前記第2レーザ供給手段からのレーザ光は、前記第1レーザ供給手段からのレーザ光が入射する範囲に対応する前記基板の第1領域を含む第2領域に裏面側から入射することを特徴とする請求項1記載の表面処理装置。

【請求項3】 前記第1及び第2レーザ供給手段は、各レーザ光のビームを前記基板上に投影するビーム整形装置を有し、前記走査手段は、前記基板を移動させる移動ステージを含むことを特徴とする請求項1及び2のいずれか記載の表面処理装置。

【請求項4】 前記第1レーザ供給手段の動作タイミングと、前記第2レーザ供給手段の動作タイミングとを制御するタイミング制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項1から3のいずれか記載の表面処理装置。

【請求項5】 基板上に形成された膜の膜面に第1レーザ光を供給して前記膜を加熱する工程と、前記膜の加熱に際して、前記基板の裏面側に第2レーザ光を供給して前記膜を補助的に加熱する工程と、前記第1及び第2レーザ光に対して前記基板を相対的に移動させる工程とを備える表面処理方法であって、前記第1レーザ光は、前記膜で吸収される波長に設定されており、前記第2レーザ光は、前記基板を透過する波長に設定されていることを特徴とする表面処理方法。

【請求項6】 前記第2レーザ光を、前記第1レーザ光が入射する範囲に対応する前記基板の第1領域を含む第2領域に裏面側から入射させることを特徴とする請求項5記載の表面処理方法。

【請求項7】 前記第1及び第2レーザ光は、ビーム整形装置を介して前記膜面に投影され、前記基板は、移動ステージによって移動することを特徴とする請求項5及び6のいずれか記載の表面処理方法。

【請求項8】 前記第1レーザ光の照射タイミングと、前記第2レーザ光の照射タイミングとを同時若しくは所定の時間差とすることを特徴とする請求項5から7のい

ずれか記載の表面処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、成膜した基板に対してレーザ光を用いてアニール等の表面処理を行う表面処理装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、例えばオーミックコンタクトを形成する方法として、シリコン等の半導体基板上にN₁等の高融点金属を成膜した後、このように成膜した基板を適当な温度に加熱しつつランブアニールを施すことによって表面の高融点金属を拡散・合金化させて、オーミックコンタクトに加工する方法が知られている。

【0003】一方、ガラス等からなる絶縁基板上に半導体層を形成する方法として、絶縁基板上にアモルファスSi等の半導体形成材料を予め成膜し、この半導体形成材料をエキシマレーザ等のレーザビームによるレーザアニールで結晶化してSi多結晶等からなる半導体層を形成する方法が知られている。このようなレーザアニールで大きな結晶を成長させたい場合、エキシマレーザ等ではビームパワーを十分に確保できないことを考慮して、絶縁基板を全体的に加熱しておくことが行われる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、前者のランブアニールでは、例えば第1段階でまずN₁Si₂を形成し、次に第2段階でN₁Si₃を形成する工程をとるため、処理工程が複雑なものとなる。また、ランブアニールでは、基板全体をかなり高温に加熱することになるため、基板に熱的なダメージを与えざるを得ない。また、ランブアニールでは、大面積の基板を均一に熱処理することが困難である。さらに、ランブアニールでは、オーミックコンタクトの深さを十分に制御することができず、表面の浅い領域のみにオーミックコンタクトを形成することが困難である。

【0005】また、後者のレーザアニールでは、絶縁基板を全体的に加熱するため、非結晶Si等の半導体形成材料を局所的に加熱・冷却することができず、熱処理工程の精密な制御や管理が困難となり、また真空中で絶縁基板を精密に高温に維持する必要からステージが大形化し、スループットが低下する。さらに、絶縁基板を加熱せざるを得ないため、本質的に低温プロセスとすることができない。

【0006】そこで、本発明は、処理工程が簡単で基板に与える熱的ダメージが少なく、大面積の基板を表面に近い領域のみを管理された熱工程で処理することができる表面処理装置及び方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明の表面処理装置は、基板上に形成された膜を加熱するために当該膜の膜面にレーザ光を供給する第1

レーザ供給手段と、前記第1レーザ供給手段による加熱に際して前記膜を補助的に加熱するために当該基板の裏面にレーザ光を供給する第2レーザ供給手段と、前記第1及び第2レーザ供給手段からのレーザ光に対して前記基板を相対的に移動させる走査手段とを備える表面処理装置であって、前記第1レーザ供給手段から供給されるレーザ光は、前記膜で吸収される波長に設定されており、前記第2レーザ供給手段から供給されるレーザ光は、前記基板を透過する波長に設定されていることを特徴とする。

【0008】なお、前記第2レーザ供給手段から供給されるレーザ光は、膜を補助的に加熱するため、膜である程度吸収される波長に設定されている。つまり、前記第1レーザ供給手段から供給されるレーザ光の波長は、前記第2レーザ供給手段から供給されるレーザ光の波長よりも、通常短くなっている。

【0009】上記装置では、第2レーザ供給手段が第1レーザ供給手段による加熱に際して膜を補助的に加熱するためにこの基板の裏面側にレーザ光を供給するとともに、第1レーザ供給手段からのレーザ光が基板の膜で吸収される波長に設定され、第2レーザ供給手段からのレーザ光が基板を透過する波長に設定されているので、第1レーザ供給手段によって膜を表面側から加熱し、第2レーザ供給手段によって膜を裏面側から加熱することができる。つまり、第1及び第2レーザ供給手段の協働によって基板にダメージを与えない程度に膜の所望領域のみを十分に加熱してアニール等の熱処理を施すことができる。換言すれば、アニール等の熱処理に際して精密で十分な温度制御が可能であり、かつ、本質的に低温プロセスとすることができる。この際、主として第1レーザ供給手段からのレーザ光を用いて膜を加熱するので、膜の深さ方向に関して加熱状態を精密に制御することができるようになる。しかも、走査手段が第1及び第2レーザ供給手段からのレーザ光に対して基板を相対的に移動させるので、比較的広い面積を有する基板の全体を均一に熱処理することができる。

【0010】なお、例えばSi等の半導体材料からなる基板上にN等の金属材料からなる膜を形成した基板では、金属材料層の膜の下側に金属材料層と半導体材料の化合物（シサイド等）からなるオミック・コンタクト層を形成することができる。そして、イオンドーピングした単結晶Siウエハ上にシャロージャンクションも形成できる。また、ガラス等の絶縁材料からなる基板上にアモルファスSi等の半導体材料からなる膜を形成した基板では、半導体材料の結晶化を進めて良好な特性の多結晶半導体層等を得ることができる。

【0011】上記装置の具体的な態様では、前記第2レーザ供給手段からのレーザ光が、前記第1レーザ供給手段からのレーザ光が入射する範囲に対応する前記基板の第1領域を含む第2領域に裏面側から入射することを特

徴とする。この場合、効率の良い熱処理が可能になる。

ここで、第2領域の範囲は、第1領域の揺らぎ、すなわち第1レーザ供給手段からのレーザ光の基板上への入射位置の変動を考慮した広さとするのが望ましい。これにより、第1レーザ供給手段の揺らぎを考慮した効率的で安定した熱処理が可能になる。

【0012】上記装置の別の具体的な態様では、前記第1及び第2レーザ供給手段が、各レーザ光のビームを前記基板上に投影するビーム整形装置を有し、前記走査手段が、前記基板を移動させる移動ステージを含むことを特徴とする。この場合、ビーム整形装置によって形成した線状ビームや矩形ビームの走査によって、基板上の膜全体に亘って所望の熱処理が可能になる。

【0013】また、上記装置の別の具体的な態様では、前記第1レーザ供給手段の動作タイミングと、前記第2レーザ供給手段の動作タイミングとを制御するタイミング制御手段をさらに備えることを特徴とする。このタイミング制御手段によって、例えば前記第1レーザ供給手段と前記第2レーザ供給手段の動作タイミングを一致させると、膜等の熱処理のために投入するパワーのピーク値を最も大きくすることができる。また、前記第1レーザ供給手段と前記第2レーザ供給手段の動作タイミングを所定の時間差とする（すなわち両レーザ供給手段から出射される一対のレーザ光に所定の遅延時間を持たせる）と、膜等の熱処理のために投入するパワーをある程度経時的に制御でき、膜等の受ける熱履歴の調整が可能になる。

【0014】また、本発明の表面処理方法は、基板上に形成された膜の裏面に第1レーザ光を供給して前記膜を加熱する工程と、前記膜の加熱に際して、前記基板の裏面側に第2レーザ光を供給して前記膜を補助的に加熱する工程と、前記第1及び第2レーザ光に対して前記基板を相対的に移動させる工程とを備える表面処理方法であって、前記第1レーザ光は、前記膜で吸収される波長に設定されており、前記第2レーザ光は、前記基板を透過する波長に設定されていることを特徴とする。

【0015】上記方法では、第1レーザ光による加熱に際して膜を補助的に加熱するためにこの基板の裏面側に第2レーザ光を供給するとともに、第1レーザ光が基板の膜で吸収される波長に設定され、第2レーザ光が基板を透過する波長に設定されているので、第1及び第2レーザ光の協働によって基板にダメージを与えない程度に膜の所望領域のみを十分に加熱してアニール等の熱処理を施すことができる。この際、主として例えば短波長の第1レーザ光を用いて加熱しているので、膜の深さ方向に関して加熱状態を精密に制御することができるようになる。しかも、第1及び第2レーザ光に対して基板を相対的に移動させるので、比較的広い面積を有する基板の全体を均一に熱処理することができる。

【0016】上記方法の具体的な態様では、前記第2レ

一ザ光を、前記第1レーザ光が入射する範囲に対応する前記基板の第1領域を含む第2領域に裏面側から入射させることを特徴とする。この場合、効率の良い熱処理が可能になる。

【0017】また、上記方法の別の具体的な態様では、前記第1及び第2レーザ光が、ビーム整形装置を介して前記膜面上に投影され、前記基板が、移動ステージによって移動することを特徴とする。この場合、ビーム整形装置によって形成した線状ビームや矩形ビームの走査によって、基板上の膜全体に亘って所望の熱処理が可能になる。

【0018】また、上記方法の別の具体的な態様では、前記第1レーザ光の照射タイミングと、前記第2レーザ光の照射タイミングとを同時若しくは所定の時間差とすることを特徴とする。この場合、例えば前記第1及び第2レーザ光の照射タイミングを一致させると、膜等の熱処理のために投入するパワーのピーク値を最も大きくすることができる。また、前記第1及び第2レーザ光の照射タイミングを所定の時間差とすると、膜等の熱処理のために投入するパワーをある程度臨時的に制御でき、膜等の受ける熱履歴の調整が可能になる。

【0019】

【発明の実施の形態】 【第1実施形態】 以下、本発明に係る第1実施形態の表面処理装置について、図面を参照しつつ説明する。

【0020】図1は、第1実施形態の表面処理装置の構造を説明する図である。この表面処理装置は、基板を構成する半導体ウエハの表面上に金属薄膜を形成した直後の処理対象物WOにレーザアニールの熱処理を施すためのものである。この装置は、処理対象物WOを載置して処理室10中で移動する移動ステージ20と、処理対象物WOを金属薄膜膜から加熱する第1レーザ光LB1を発生するエキシマレーザその他の第1レーザ光源30と、処理対象物WOを裏面側から加熱する第2レーザ光LB2を発生する炭酸ガスレーザその他の第2レーザ光源40と、処理対象物WOを載置した移動ステージ20を両レーザ光LB1、LB2に対して相対的に適宜移動させるステージ駆動装置50と、表面処理装置の動作を統括的に制御する制御装置70とを備える。

【0021】ここで、移動ステージ20は、ステージ駆動装置50とともに走査手段を構成する。移動ステージ20の動作は、ステージ駆動装置50を介して制御装置70によって制御されており、移動ステージ20の移動速度、移動範囲、移動タイミング等を適宜調節できるようになっている。

【0022】第1レーザ光源30から出射したパルス状の第1レーザ光LB1は、まず光量調節部31に入射する。光量調節部31を通過して適宜に減光されたレーザ光LB1は、ミラー32及びフォーカス調整用レンズ33を経てビーム整形光学系34に入射する。ビーム整形

光学系34は、ホモジナイザとして、矩形断面のレーザ光LB1を線状ビームに変換する。つまり、ビーム整形光学系34を通過したレーザ光LB1は、処理室10上部に形成したウィンドウ10aを経て、処理対象物WO表面においてY軸方向に延びる線状ビームとして投影される。ここで、第1レーザ光LB1のサイズ等は、フォーカス調整用レンズ33を制御装置70によって駆動することによって走査中一定値に保持できるとともに、必要に応じて微調整することができる。また、第1レーザ光LB1のパルス幅や発生タイミングは、第1レーザ光源30を介して制御装置70によって制御されている。なお、第1レーザ光源30、光量調節部31、ビーム整形光学系34等は、第1レーザ供給手段を構成する。

【0023】第2レーザ光源40から出射したパルス状の第2レーザ光LB2は、まず光量調節部41に入射する。光量調節部41を通過して適宜に減光されたレーザ光LB2は、ビーム整形光学系44に入射する。ビーム整形光学系44は、ホモジナイザとして、矩形断面のレーザ光LB2を線状ビームに変換する。つまり、ビーム整形光学系44を通過したレーザ光LB2は、処理室10側面に形成したウィンドウ10bを通過してミラー45で反射され、ステージ駆動装置50に設けた貫通穴51を経て、処理対象物WO裏面において第1レーザ光LB1の入射領域に対応する領域にY軸方向に延びる線状ビームとして投影される。ここで、第2レーザ光LB2のパルス幅や発生タイミングは、第2レーザ光源40を介して制御装置70によって制御されている。なお、第2レーザ光源40、光量調節部41、ビーム整形光学系44等は、第2レーザ供給手段を構成する。

【0024】処理室10内は、気密容器となっており、排気系81によって適当な真空度に維持される。また、処理室10内は、ガス供給源82によって適当な雰囲気（例えばAr、N₂）に調節される。処理室10の正面側には、真空を破らずに処理対象物WOを搬出入するためのロードロック室12が形成されている。処理室10とロードロック室12との間には、真空ゲート13が形成されている。

【0025】制御装置70は、ステージ駆動装置50に制御信号を送って、移動ステージ20の移動速度、移動範囲、移動タイミング等を制御する。また、制御装置70は、タイミング制御手段として第1及び第2レーザ光源30、40にトリガ信号を送って、移動ステージ20の移動の合間に第1及び第2レーザ光源30、40からそれぞれ出射する第1及び第2レーザ光LB1、LB2の出射タイミングを調整する。例えば第1レーザ光LB1の出射タイミングと第2レーザ光LB2の出射タイミングとを正確に一致させることができる。また、第1レーザ光LB1の出射タイミングから所望の時間だけ遅延させて第2レーザ光LB2を出射させることもでき、その逆の遅延も可能である。

【0026】図2は、移動ステージ20の構造等を説明する図である。図2(a)は平面図であり、図2(b)は側断面図である。移動ステージ20には、処理対象物W0の直径よりもわずかに小さな直径の円形開口20aが形成されており、この円形開口20aの縁部分には、外側が処理対象物W0の直径とはば一致する段差部分20bが形成されている。処理対象物W0は、この段差部分20bによって周囲の縁部分を支持されて移動ステージ20とともに移動する。なお、処理対象物W0の縁部分は、側方や上方から適当な押圧手段(図示を省略)によって固定することもできる。

【0027】処理対象物W0の上面U1には、金属薄膜が形成されており、処理対象物W0の直径よりもY方向(長手方向)に長い線状の第1レーザ光L1が入射する。また、処理対象物W0の下面L1には、第1レーザ光L1と同様にY方向に長いよりも幅広の線状の第2レーザ光L2が、円形開口20aを介して入射する。両レーザ光L1、L2は、処理対象物W0を移動ステージ20とともに移動させることにより、処理対象物W0に対して相対的にX方向に走査され、いわゆるステップスキンの熱処理が裏裏側間に行われる。

【0028】図3は、第1及び第2レーザ光L1、L2の入射状態を概念的に説明する拡大図である。処理対象物W0の上側から入射した第1レーザ光L1は、S1等からなる基板BL上に形成したN1等の高融点金属膜FLの所定領域PAを加熱する。この所定領域PAは、基板BLの第1領域AR1に対応する。

【0029】第2レーザ光L2は、処理対象物W0の裏面側から基板BLに入射してこれを透過し、高融点金属膜FLの領域CAを加熱する。この領域CAは、基板BLの第2領域AR2に対応する。第2領域AR2は、上述の第1領域AR1を包含するようになっている。この際、第2領域AR2は、第1領域AR1の光軸揺れを考慮してゆとりを持たせた広さとなっている。すなわち、第1レーザ光L1の入射位置に対応する第1領域AR1は、第1レーザ光源30等の特性に応じてある程度変動するので、第2領域AR2の広さを第1レーザ光L1の揺れを含めた広さ以上にとることで、第1レーザ光L1の特性に応じて効率的で安定した熱処理が可能になる。

【0030】具体的な実施例では、第1レーザ光L1の波長を、例えばN1を比較的高熱しやすいエキシマレーザからの308nmやYAGレーザからの二倍高調波である532nmとし、第1領域AR1を、0.4mmの幅とした。また、第2レーザ光L2の波長を、例えばS1を効率的に透過するより長波長の、炭酸ガスレーザからの1.0、6.4μmやAlInAsP半導体レーザからの1.55μm、YAGレーザからの基本波である1.06μm等とし、第2領域AR2の幅を、第1領域AR1の幅の数倍程度とした。

【0031】以下、図1の表面処理装置の動作について説明する。まず、搬送用真空ロボット(図示を省略)を利用して、処理室10中に処理対象物W0を搬入する。搬入される処理対象物W0は、成膜直後の冷却が終了した状態で、裏面を上側にしてロードロック室12を介して処理室10中に搬入され、移動ステージ20上に載置・固定される。次に、ステージ駆動装置50を動作させることにより、ビーム整形光学系34等に対して移動ステージ20を-X方向にステップ状に移動させる。ビーム整形光学系34からのパルス状のレーザ光L1は、移動ステージ20のステップ移動の結果、Y方向に延びる線状ビーム像として処理対象物W0表面側で一端から他端にステップ移動するので、処理対象物W0の表面全体のステップ走査が行われることになる。これと同様に、ビーム整形光学系44からのパルス状のレーザ光L2も、移動ステージ20のステップ移動の結果、Y方向に延びる線状ビーム像として処理対象物W0裏面側で一端から他端にステップ移動するので、処理対象物W0の裏面全体のステップ走査が行われることになる。なお、両レーザ光L1、L2は、移動ステージ20のステップ移動の合間における静止状態の際に、処理対象物W0に入射させるようにしている。

【0032】図4は、第1及び第2レーザ光L1、L2の相対的強度を示すグラフである。図からも明らかに、第1レーザ光L1のパワーは、第2レーザ光L2のパワーよりも、かなり大きくなっている。これは、第2レーザ光L2が予備加熱に利用されるからであり、両者の差は、必要な加熱条件に応じて適宜変更することができる。このように第1レーザ光L1のパワーを相対的に大きくするとともに、第1レーザ光L1の波長を高融点金属膜FLでのみ吸収される比較的短いものとすることにより、高融点金属膜FLの深さ方向に関して加熱状態を精密に制御することができるようになる。すなわち、短波長レーザによって大面積のシリサイドを所望の深さに容易に形成することができる。

【0033】なお、図示の例では、第1レーザ光L1を第2レーザ光L2と同時に発生させているが、第1レーザ光L1と第2レーザ光L2とを多少の時間差を持たせて発生させることもできる。ただし、両レーザ光L1、L2を同時に発生させることで、高融点金属膜FLを、第1レーザ光L1によって表面側から加熱しつつ、第2レーザ光L2によって裏面から重量的に加熱することができる。これにより、第1レーザ光L1のエネルギーがあまり高くない場合であって、基板BLの熱伝導率が比較的高い場合であっても、高融点金属膜FLの所定領域PAを十分に加熱して溶融することができる。よって、高融点金属膜FLから基板BL側に高融点金属を十分に拡散させて、ニッケルシリサイド等からなるオーミックコンタクトを所望の深さに形成することができる。

【0034】図5は、第1レーザ光LB1の走査を説明する図である。高融点金属膜FLにおいて、繰り返しパルスである第1レーザ光LB1が入射する所定領域PA1～PA3は、各パルスごとに一定の重複率でオーバーラップしつつX方向に移動する。またこれと同時に、第2レーザ光LB2が入射する領域CA1～CA3も、一定の重複率でオーバーラップしつつX方向に移動する。これにより、より均一なレーザアニールが可能になり、オーミックコンタクトの特性を揃えることができる。なお、所定領域PA1～PA3の重複率は、必要な加熱条件に応じて適宜変更することができる。

【0035】【第2実施形態】以下、本発明の第2実施形態の熱処理装置について説明する。この熱処理装置の構造は、図1に示すものとはほぼ同一であるが、この熱処理装置で、処理対象物WOとして、下地SiO₂層とアモルファスSi層を表面上に成膜したガラス基板を処理する。この場合、主たる加熱に用いる第1レーザ光と補助的な加熱に用いる第2レーザ光とによって加熱のパワーを確保し、ガラス基板上のアモルファスSi層を溶融する。この際、第1レーザ光の入射タイミングと第2レーザ光の入射タイミングとに適当な差を設けることで、溶融したアモルファスSi層をポリシリコン化させる際の冷却速度の制御がある程度可能になる。

【0036】図6は、ステージ駆動装置50によって駆動される移動ステージ120の構造を説明する平面図である。矩形的ガラス基板からなる処理対象物WOを処理するため、移動ステージ120には、矩形開口120aが形成されている。

【0037】図6(a)の場合、処理対象物WOのアモルファスSi層上面には、矩形的第1レーザ光LB1が入射する。また、処理対象物WOの下面からは、第1レーザ光LB1よりも縦横のサイズがある程度大きい第2レーザ光LB2が、矩形開口120aを介して入射する。処理対象物WOを移動ステージ120とともにXY面内でステップ移動させることにより、両レーザ光LB1、LB2は、処理対象物WOに対して相対的にX方向やY方向に走査される。これにより、処理対象物WO上におけるレーザ光LB1等の入射位置を段階的に移動させることができ、マトリックス状に配置された多数の切り離された領域をポリシリコン化させることができる。

【0038】図6(b)の場合、処理対象物WOのアモルファスSi層上面には、長尺バースとして投影される第1レーザ光LB1が入射する。また、処理対象物WOの下面からも、同様に長尺である程度大きい第2レーザ光LB2が、矩形開口120aを介して入射する。処理対象物WOを移動ステージ120とともにステップ移動させることにより、両レーザ光LB1、LB2は、処理対象物WOに対して相対的にX方向に走査される。これにより、処理対象物WO上におけるレーザ光LB1等の入射位置を段階的に移動させることができ、ストライプ状

に配置された多数の切り離された領域をポリシリコン化させることができる。

【0039】この場合、第1レーザ光LB1の波長を例えばエキシマレーザからの308nmとし、第2レーザ光LB2の波長を例えばYAGレーザの二倍高調波である532nmとすることができる。なお、第2レーザ光LB2は、CO₂レーザ(波長:10.64μm)やYAG基本波(波長:1.06μm)やHe-NeレーザやArレーザに置き換えることができることは言うまでもない。

【0040】図7は、図6(a)及び(b)に示すレーザ照射方法の変更例を説明する図である。図7(a)の場合、図6(a)と同様に適当な大きさの矩形的レーザ光LB1、LB2をステップ移動させるが、毎回のステップでビーム幅の何割かの距離だけステップ移動させており、レーザ光を処理対象物WOに重複照射することになる。また、図7(b)の場合、図6(b)と同様に処理対象物WOの辺と同程度の長さを有する線状のレーザ光LB1、LB2をステップ移動させるが、毎回のステップでビーム幅の何割かの距離だけステップ移動させており、レーザ光を処理対象物WOに重複照射することになる。

【0041】図8は、アモルファスSi層をポリシリコン化させる際の、第1及び第2レーザ光LB1、LB2の関係を示すグラフである。図からも明らかなように、第1レーザ光LB1のパワーが第2レーザ光LB2のパワーよりも大きい点は上記第1実施形態の場合と同様であるが、第2レーザ光LB2を第1レーザ光LB1よりも $\Delta t = t_2 - t_1$ だけ先行して発生させている。ここで、遅延時間 Δt は、任意に設定することができ、例えば負の値とすることもできる。この遅延時間 Δt を適宜調節することにより、主たる第1レーザ光LB1と補助的な第2レーザ光LB2とによって溶融したSiを徐冷する際のアニール曲線の勾配をある程度任意に制御することができるようにする。

【0042】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の表面処理装置によれば、第1及び第2レーザ供給手段の協働によって基板にダメージを与えない程度に膜の所望領域のみを十分に加熱してアニール等の熱処理を施すことができる。この際、主に第1レーザ供給手段からの例えば短波長のレーザ光を用いて膜を加熱するので、膜の深さ方向に関して加熱状態を精密に制御することができるようになる。しかも、走査手段が第1及び第2レーザ供給手段からのレーザ光に対して基板を相対的に移動させるので、比較的に広い面積を有する基板の全体を均一に熱処理することができる。

【0043】本発明の表面処理方法によれば、第1及び第2レーザ光の協働によって基板にダメージを与えない程度に膜の所望領域のみを十分に加熱してアニール等の

熱処理を施すことができる。この際、主に例えば短波長の第1レーザ光を用いて加熱しているため、膜の深さ方向に関して加熱状態を精密に制御することができるようになる。しかも、第1及び第2レーザ光に対して基板を相対的に移動させるので、比較的に広い面積を有する基板の全体を均一に熱処理することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施形態に係る表面処理装置の全体構造を説明する図である。

【図2】(a)、(b)は、図1の装置における基板保持の方法を説明する平面図及び側方断面図である。

【図3】基板の上下からの加熱を説明する図である。

【図4】基板の加熱タイミングを説明するグラフである。

【図5】基板上における加熱領域の移動を説明する図である。

【図6】(a)、(b)は、第2実施形態に係る表面処理装置の要部を説明する平面図である。

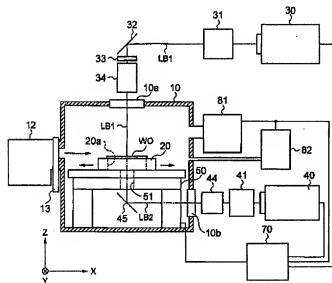
【図7】(a)、(b)は、それぞれ図6(a)及び(b)のレーザ照射方法の変形例を説明する図である。

【図8】第2実施形態における加熱タイミングを説明するグラフである。

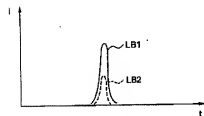
【符号の説明】

- 10 処理室
- 10a, 10b ウィンドウ
- 20 移動ステージ
- 20a 円形開口
- 20b 段差部分
- 30 第1レーザ光源
- 40 第2レーザ光源
- 50 ステージ駆動装置
- 70 制御装置
- AR1 第1領域
- AR2 第2領域
- BL 基板
- FL 高融点金属膜
- LB1 第1レーザ光
- LB2 第2レーザ光
- WO 処理対象物

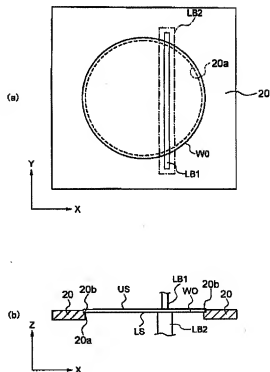
【図1】



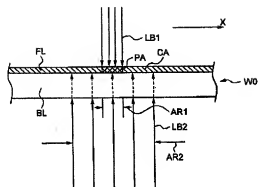
【図4】



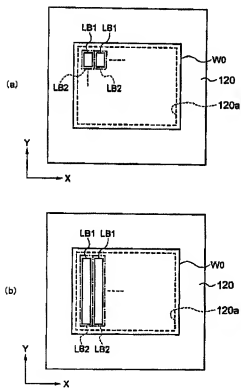
【図2】



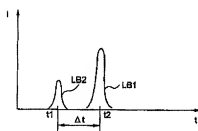
【図 3】



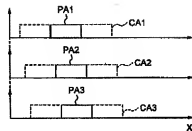
【図 6】



【図 8】



【図 5】



【図 7】

